# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 33. 19. Mai 1900. 1. Jahrgang.

**INHALT.**

**Originalmitteilungen:**
H. V. Carpenter, Über eine neue Methode zur Vergleichung zweier Selbstinduktionen. S. 353.
F. Campanile u. G. Ciomme, Beitrag zur Kenntnis der Kohärer. S. 356.
K. Strehl, Theorie der allgemeinen mikroskopischen Abbildung. S. 357.
J. Stark, Einfluss der Temperatur auf das elektrische Leuchten eines verdünnten Gases. S. 358.

**Besprechungen:**
Fr. Harrwitz, Adressbuch für die deutsche Mechanik und Optik und verwandte Berufszweige. S. 360.
**Tagesereignisse.** S. 360.
**Personalien.** S. 360.

## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Über eine neue Methode zur Vergleichung zweier Selbstinduktionen.[1])

Von Hubert V. Carpenter.

Im Verlauf eines sorgfältigen Studiums der neueren Methoden zum Messen und Vergleichen von Induktion und Kapazität hat sich mir die folgende Methode zur Vergleichung zweier Selbstinduktionen ergeben, die sehr genaue Resultate liefert.

Es seien $l_1$ und $l_2$ die beiden Spulen, deren Selbstinduktionskoefficienten $L_1$ und $L_2$ verglichen werden sollen. Dieselben seien untereinander parallel geschaltet, während mit der einen von beiden Spulen ein induktionsloser Widerstand in Serie liegt. Legt man nun an die gemeinschaftlichen Enden der beiden Spulen eine harmonisch veränderliche elektromotorische Kraft an, so werden die beiden Spulen von Strömen durchflossen sein, deren Phasenverschiebung gegen die erzeugende elektromotorische Kraft gegeben ist durch

$$\varphi_1 = arc\,tg\,\frac{\omega L_1}{R_1};\ \varphi_2 = arc\,tg\,\frac{\omega L_2}{R_2}.$$

In diesen Formeln bedeuten $R_1$ und $R_2$ den Widerstand der beiden parallelen Zweige, d. h. also der Spulen $l_1$ und $l_2$, sowie des veränderlichen Widerstandes in einem Zweig und der Verbindungsdrähte; $\omega$ ist das bekannte Produkt aus $2\pi$ in die Frequenzzahl $n$ des Wechselstroms. Aus obigen Gleichungen geht nun hervor, dass, wenn

$$\frac{\omega L_1}{R_1} = \frac{\omega L_2}{R_2},$$

die Ströme in den beiden Parallelzweigen Phasengleichheit aufweisen werden. Gelingt es nun durch irgend ein Mittel, diese Phasengleichheit zu erzeugen und festzustellen, so erhält man damit sofort die Beziehung zwischen den beiden Selbstinduktionen. Diese ist dann gegeben durch

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

Die beiden primären Ströme können nun durch Veränderung des induktionslosen Widerstandes in einem der beiden Zweige zur Phasengleichheit gebracht werden, was man in folgender Weise mit Hülfe der beiden Spulen $S_1$ und $S_2$ und des Telephons $T$, diese drei Apparate hintereinander geschaltet, feststellen kann. $S_1$ und $S_2$ befinden sich, der Figur entsprechend, sehr nahe und parallel $l_1$ resp. $l_2$. Die Ströme in $l_1$ und $l_2$ inducieren nun in $S_1$ resp. $S_2$ elektromotorische Kräfte, deren geometrische Summe einen durch das Telephon gehenden Strom erzeugt. Nehmen wir jetzt an, dass die Spulen $S_1$ und $S_2$ so miteinander verbunden sind, dass, wenn die Ströme in $l_1$ resp. $l_2$ miteinander in Phase sind, die im sekundären Kreis (also in $S_1$ und $S_2$) inducierten elektromotorischen Kräfte $E_{s1}$ und $E_{s2}$ einander entgegengesetzt gerichtet sind. Die so entstehende resultierende elektromotorische Kraft $E_s$ ist dann gleich $E_{s1} - E_{s2}$. Wird dann auch $E_{s1} = E_{s2}$, dann hat man $E_s = 0$, was durch das Schweigen des Telephons ausgedrückt wird.

Dieses Schweigen zeigt nun zweierlei an: 1. dass die zwei primären Ströme in Phasengleichheit sind, 2. dass $E_{s1} = E_{s2}$. Die erste Bedingung lässt sich, wie oben gezeigt, erfüllen durch Änderung von $R_1$ oder $R_2$, während sich der zweiten Bedingung durch Änderung der relativen Lage einer der beiden sekundären Spulen, sagen wir z. B. $S_2$, in Bezug auf ihre Primärspule, Genüge leisten lässt. Denn durch die Verschiebung wird der Betrag der in ihr inducierten elektromotorischen Kraft geändert. Durch Hin- und Herbewegen lässt sich nun die Stelle auffinden,

1) Ausführlich in Phys. Review 10, Januar 1900.

wo das Telephon schweigt, oder ein Minimum an Tonstärke hat. In dieser Lage ist $E_{s_1} = E_{s_2}$. Lässt sich durch diese Justierung kein Schweigen, sondern nur ein Minimumton des Telephons erreichen, so sind $E_{s_1}$ und $E_{s_2}$ einander nicht völlig entgegen gerichtet. Das bedeutet, dass die Primärströme in $l_1$ und $l_2$ nicht genau miteinander in Phase sind. Es muss also $R_1$ oder $R_2$ noch geändert werden. Sind nun alle Bedingungen erfüllt, und das Telephon schweigt, dann braucht man nur $\frac{R_1}{R_2}$ zu wissen, um $\frac{L_1}{L_2}$ zu erhalten.

Die richtige Lage von $S_2$ kann so rasch gefunden werden, dass die Auffindung des Gleichgewichts nur wenig mühevoller ist, als mit Hülfe der Wheatstoneschen Brücke. Die Anwendung des Telephons als Stromindikator bietet dieselben Nachteile wie in der Wheatstoneschen Brücke, d. h. es giebt nicht an, in welcher Richtung $R_1$ oder $R_2$ geändert werden müssen, um Phasengleichheit zu erzeugen.

Sorgfältige Versuche wurden mit der Methode in dieser Form angestellt. Mit einem recht guten Telephon, dessen Widerstand allerdings für die grösste Empfindlichkeit viel zu gering war, konnte eine Reihe einander folgender Vergleichungen gemacht werden, die von einander um nicht mehr als $^1/_2 {}^0/_0$ abwichen.

Damit jedoch diese Resultate nicht nur untereinander übereinstimmen, sondern auch wirklich richtig sind, muss der Apparat so angeordnet werden, dass ausser der erwarteten keine anderen induktiven Wirkungen auftreten. Daher müssen die beiden zu vergleichenden Spulen $l_1$ und $l_2$, die recht starke Ströme führen, so aufgestellt werden, dass keine gegenseitige Induktion zwischen ihnen stattfinden kann. Dies wurde erreicht, indem man die Spulen in ungefähr 2 m Abstand in zwei zu einander senkrechten Ebenen aufstellte und durch angestellte Versuche die Richtigkeit der Aufstellung bestätigte. Die Leitungsdrähte von der primären Stromquelle bis zum Verzweigungspunkte bestanden aus verschlungenen Lampenleitungsschnüren, die in grösstmöglicher Entfernung von den Spulen geführt wurden. Die von dem Verzweigungspunkt zu den Spulen führenden Leitungen waren ungefähr 1 cm auseinander und kreuzten sich in häufigen Intervallen. Beim Vergleichen von Spulen niederer Selbstinduktion nimmt man am besten hier auch Lampenschnur, indem ja die Wirkung der Kapazität gegenüber der induktiven Wirkung des starken Stromes sehr klein wird.

Jeder Strom, der im Sekundärkreis fliesst, wird natürlich auf die Primärströme zurückwirken. Ist das Gleichgewicht erreicht, so verschwindet der Sekundärstrom, und mit ihm sein störender Einfluss. Die sekundären elektromotorischen Kräfte bleiben jedoch zurück und erzeugen, mit der in den Sekundärspulen verteilten Kapazität zusammen, in jeder Spule einen sehr schwachen Lokalstrom, dessen Stärke schwer zu schätzen ist. Es kann jedoch durch Rechnung sowohl als durch den Versuch gezeigt werden, dass der Einfluss dieser Parasitströme vollständig vernachlässigt werden kann.

Der nächste Schritt in der Weiterentwicklung der Methode galt der Ersetzung des Telephons durch das Elektrodynamometer. Dadurch werden in den Details ansehnliche Änderungen hervorgerufen, aber das Prinzip bleibt dasselbe, und die Resultate sind erheblich genauer.

Der (schwache) Sekundärstrom, der zum Verschwinden zu bringen ist, wird durch die, aus dünnem Draht bestehende, bewegliche

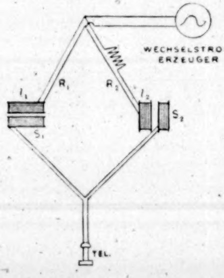


Fig. 1.

Spule geleitet, während der Primärstrom durch die starke feste Spule des eigens konstruierten Dynamometers ging. Auf diese Weise liessen sich mit dem Instrument Ströme bis zu $10^{-8}$ Ampères nachweisen. Die Ablenkungsrichtung der beweglichen Spule kehrt sich um, wenn sich die Phase des Stromes in einer Spule um $180^0$ ändert. Das Instrument giebt also auch an, in welcher Richtung der Widerstand in einem der Primärzweige geändert werden muss, um das Gleichgewicht zu erreichen. Dies ist ein anderer Vorteil gegenüber dem Telephon. Auf eine Eigentümlichkeit des Dynamometers muss noch aufmerksam gemacht werden. Wenn nämlich die Ströme in den beiden Spulensystemen gegeneinander um $90^0$ verschoben sind, so wird die bewegliche Spule nicht abgelenkt. Man muss also zwei Nulllagen des Instruments auseinander halten, nämlich diejenige, welche sich aus dem Verschwinden des sekundären Stromes ergiebt, und diejenige,

welche aus der 90° Phasendifferenz zwischen Primär- und Sekundärströmen herrührt. Wir sehen also, dass wir an und für sich nicht sagen können, ob uns das Dynamometer das Verschwinden des Sekundärstromes oder die 90° Phasendifferenz anzeigt. Diese Schwierigkeit wurde auf folgende Weise behoben: Ein induktionsloser Nebenschluss $R_n$ (Fig. 2) wurde so an die Enden der unbeweglichen Spule des Dynamometers gelegt, dass er nach Belieben ein- und ausgeschaltet werden konnte. Wenn er eingeschaltet ist, verteilt sich der primäre Hauptstrom über zwei Wege, und, haben die Spulen eine beträchtliche Selbstinduktion, während der Nebenschluss keine hat, dann wird der Strom in den unbeweglichen Spulen dem Gesamtprimärstrom unter einem bedeutenden Winkel nacheilen. Die Ströme und elektromotorischen

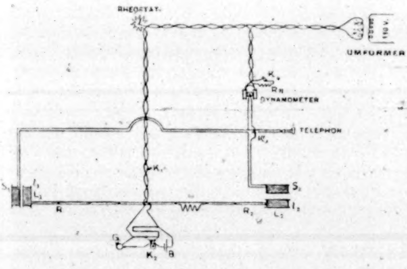


Fig. 2.

Kräfte in den Spulen $l_1$, $l_2$, $S_1$ und $S_2$ ändern bei Einschaltung des Nebenschlusses ihre relativen Phasen in keiner Weise, sondern es ändert sich nur die Phasendifferenz der beiden Dynamometerströme. Wenn dieselbe vor der Einschaltung des Nebenschlusses 90° beträgt, so wird sie nachher etwas mehr oder weniger betragen, und es wird, wenn der Sekundärstrom nicht gleich Null ist, eine Ablenkung der beweglichen Spule erfolgen. Zu diesem Resultate hatte man auch auf anderem Weg gelangen können; jedoch schien dieser der einfachste und in der That bewährte er sich sehr. Figur 2 zeigt die schliessliche Schaltung der Apparate.

(Die in Fig. 2 mit $G$, $K_2$, $B$ bezeichneten Teile gehören nicht zur eigentlichen Versuchsanordnung, sondern stellen einen Nebenapparat dar zur Messung der Widerstände von $l_1$ und $l_2$, sowie der Verbindungsdrähte. Anm. d. Übers.)

Die eingangs gegebene Theorie fusst auf der Annahme, dass die im Primärstromkreise wirkende elektromotorische Kraft eine harmonische Funktion der Zeit ist. Es kann jedoch leicht gezeigt werden, dass irgend eine veränderliche *E.-M. K.* das nämliche Ergebnis liefert. Die Frage nach der Stromquelle ist jetzt eine leichte, denn irgend ein Wechselstrom von beliebiger Frequenz, Wellenform oder Unstetigkeitsgrad kann angewandt werden. In unserem Falle war es eine Zweiphasen-Westinghouse-Dynamo der Periodenzahl 60.

Eine einfache Rechnung lehrt, dass je grösser der Winkel $\varphi$ ist, unter dem die Primärströme der *E.-M. K.* nacheilen, um so grösser ist die Genauigkeit der erhaltenen Resultate.

Zum Vergleiche gelangten die Selbstinduktionen $L_1$, $L_2$, $L_3$, $L_4$, $L_5$ der fünf Spulen $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_4$ und $l_5$. Die Spulen $l_1$ und $l_2$ wurden in regelmässigen Lagen in einer Rinne aufgewickelt, die aus einem Stück Stuck geschnitten war. Ihre Dimensionen wurden genau bestimmt, so dass die Selbstinduktionen berechnet werden konnten. Spule $l_1$ bestand aus 7 Lagen mit insgesamt 70 Windungen einfach-seideumsponnenen Kupferdrahts B & S No. 20. Ihr mittlerer Durchmesser war 38,605 cm und die berechnete Selbstinduktion $L_1 = 0{,}0\,049\,046$ Henry.

Spule $l_2$ bestand aus 2 Lagen mit 8 Windungen von doppelt-leinenüberzogenem Kupferdraht B & S No. 15. Der mittlere Durchmesser war 38,681 cm und die berechnete Selbstinduktion $L_2 = 0{,}0\,000\,726$ Henry. Die Berechnung geschah nach der Maxwell-Stefanschen Formel.[1] Der für $L_1$ berechnete Wert wurde als genau angesehen und als Basis für die Berechnung der Werte der Selbstinduktionen der anderen Spulen aus den Verhältniszahlen angenommen. Die Dimensionen der Spulen $l_3$, $l_4$, $l_5$ waren unbekannt. Dieselben waren auf hölzernen Rahmen gewickelt.

Tabelle I.

Vergleichung der Spulen $l_1$ und $l_3$.

| $R_1$ | $R_3$ | $L_3$ | |
|---|---|---|---|
| 3.1574 | 27.865 | .043285 | |
| 3.1198 | 27.559 | .043324 | |
| 3.1104 | 27.479 | .043327 | |
| 3.0940 | 27.363 | .043375 | |
| 3.0690 | 27.115 | .043330 | |
| | | Mittel = | .043328 |
| | Wahrsch. Fehler = | .000010 = | .02 + per cent. |

Die Werte für $L_2$ in Tabelle V gründen sich auf den in Tabelle IV gefundenen Wert für $L_5$. Dieser gründet sich wieder auf den berechneten Wert von $L_1$, sodass wir in der annähernden Übereinstimmung zwischen obigem und dem berechneten Werte von $L_2$ eine gute Gewähr für die Richtigkeit beider besitzen. Tabelle III liefert den direkten Beweis der

1) Stefan, Wied. Ann. 22, S. 107, 1884.

Richtigkeit von $\frac{L_1}{L_3}$, $\frac{L_1}{L_4}$ und $\frac{L_3}{L_4}$. Aus den gegebenen Zahlen gelangt man zum Werte von $\frac{L_3}{L_4}$; die angegebenen Werte von $L_4$ stützen sich auf die in Tab. I erhaltenen von $L_3$. Die beiden Werte von $L_4$ unterscheiden sich um 0,05 %, welche Zahl jedoch die vereinigten Fehler dreier unabhängiger Beobachtungsreihen umfasst.

Tabelle II.

Vergleichung der Spulen $l_1$ und $l_4$.

| $R$ | $R_4$ | $L_4$ | |
|---|---|---|---|
| 2.9785 | 30.828 | .050762 | |
| 2.9900 | 30.985 | .050825 | |
| 3 0212 | 31.209 | .050662 | |
| 3.0380 | 31.459 | .050790 | |
| 2.9911 | 30.978 | .050793 | |
| 2.9068 | 30.038 | .050682 | |
| 2.9542 | 30.594 | 050790 | |
| 2.9357 | 30.427 | .050830 | |
| | | Mittel = | .050767 |
| | Wahrsch. Fehler = | .000014 = | .03 — per cent. |

Tabelle III.

Vergleichung der Spulen $l_3$ und $l_4$.

| $R_3$ | $R_4$ | $L_4$ | |
|---|---|---|---|
| 26.855 | 31.450 | .050741 | $L_4 = \frac{R_4 L_3}{R_3}$ wo $L_3 = .043328$. |
| 26.905 | 31.547 | .050802 | |
| 26.897 | 31.540 | .050808 | |
| 26.873 | 31.427 | .050665 | |
| 26.800 | 31.406 | .050774 | |
| 27.023 | 31.647 | .050740 | |
| 26.915 | 31.513 | .050730 | |
| 26.950 | 31.520 | .050675 | |
| | | Mittel = | .0507445 |
| | Wahrsch. Fehler = | .000012 = | .02 + per cent. |

Tabelle IV.

Vergleichung der Spulen $l_1$ und $l_3$.

| $R_1$ | $R_3$ | $L_3$ | |
|---|---|---|---|
| 3.1641 | .26870 | .00041650 | |
| 3.1800 | .26911 | .00041510 | |
| 3.1905 | .27033 | .00041555 | |
| 3.1847 | .27009 | .00041593 | |
| 3.1838 | .26996 | .00041585 | |
| 3.1775 | .27013 | .00041695 | |
| 3.2108 | .27266 | .00041650 | |
| | | Mittel = | .00041605 |
| | Wahrsch. Fehler = | .00000016 = | .04 — per cent. |

Tabelle V.

Vergleichung der Spulen $l_2$ und $l_3$.

| $R_3$ | $R_2$ | $L_2$ | |
|---|---|---|---|
| .76554 | .13177 | .000071615 | |
| .76513 | .13182 | .000071680 | |
| 76579 | .13185 | .000071628 | |
| | | Mittel = | .000071641 |

Die hier skizzierte Methode kann auch zur Vergleichung zweier Kapazitäten angewandt werden, indem man je eine mit $l_1$ resp. $l_2$ in Serie schaltet. Die Resultate jedoch würden einer Korrektion für die Selbstinduktionen $L_1$ und $L_2$ bedürfen und auch ferner, wofern nicht die beiden Kondensatoren völlig gleich gearbeitet sind, falsche Resultate wegen des ungleichen Betrages absorbierter Energie geben.

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 9. April 1900.)

## Beitrag zur Kenntnis der Kohärer.

Von F. Campanile und G. Ciomme.

Aus den Versuchen, welche unternommen worden sind, um die Art und Weise festzustellen, in welcher Röhren mit Feilspänen funktionieren, geht hervor, dass die Teilchen eines diskontinuierlichen Leiters, welcher äusseren elektrischen Einwirkungen ausgesetzt ist, in direkte Berührung kommen, selbst wenn sie in ein Dielektrikum eingebettet sind, und dass die Veränderung des Leitungswiderstandes der Kohärer von Funken, die von Korn zu Korn springen, begleitet wird. Durch einfache Versuche kann man zeigen, 1. dass ein Kohärer aus Quecksilbertropfen unter dem Einfluss von Extraströmen und elektrischen Wellen dasselbe Verhalten zeigt, wie ein diskontinuierlicher Leiter, der elektrischen Einwirkungen ausgesetzt ist; 2. dass ein Kohärer nur in besonderen Linien und nicht in der ganzen Masse zum Leiter wird.

1. Wir setzen auf eine Glasscheibe vier Glasscheiben derart auf, dass ein langes, enges Gefäss entsteht; in dieses Gefäss wird das tropfenweise in Vaselineöl gebettete Quecksilber gebracht. Mittels amalgamierter Kupferdrähte bringt man das Quecksilber in einen Stromkreis mit einer elektrischen Batterie und mit einem Galvanometer; im Nebenschluss wird zwischen die Enden des so zusammengesetzten Kohärers ein Unterbrecher eingeschaltet. Bei dieser Anordnung finden wir, dass der Extrastrom der Öffnung mit einem Grenetschen Element das Zusammenschliessen der Tropfen zu einem Quecksilberstäbchen bewirkt; wird ein passender Leitungswiderstand eingeschaltet, so zeigt sich bei zehn Tudorschen Akkumulatoren dieselbe Erscheinung auch beim Extrastrom der Schliessung. Der Quecksilbertropfen-Kohärer ist ferner elektrischen Oscillationen gegenüber empfindlich. Mit dem Righischen Oscillator ohne parabolische Spiegel, der von einer kleinen Spule in Betrieb gesetzt wird, erhält man auf mehrere

Meter Entfernung den Zusammenschluss der Tropfen in ein Quecksilberfädchen. Für kurze Entfernungen genügen Funken aus einer kleinen Vossschen Maschine mit Kondensatoren.

Zuweilen ist der Zusammenschluss der Tropfen nicht zu sehen oder kaum angedeutet; in ersterem Fall sieht man beim Rütteln der unverändert gebliebenen Tropfen das Quecksilberfädchen, welches die beiden Kupferdrähte verbindet; im zweiten Fall bewirkt ein kleiner Stoss die Bildung des Quecksilberstabes.

Wir nehmen schliesslich eine kleine Röhre von 5 cm Länge und 5 mm Durchmesser und füllen sie mit in Vaselineöl eingebetteten kleinsten Quecksilbertröpfchen, welche durch abschliessende Stopfen in geeigneter Weise gedrückt werden. Durch diese Stopfen leiten wir Kupferdrähte, die den Kohärer mit der Batterie und dem Galvanometer in den Stromkreis schliessen. Wir sehen, dass der Kohärer auf die Funken reagiert und dass er wieder einen grossen Leitungswiderstand besitzt, wenn man auf die Röhre kleine Schläge giebt.

2. Wir verfertigen einen vielpoligen Kohärer in Gestalt einer Röhre von 5 cm Länge und 1 cm Durchmesser, welche wir mit Messingfeilspänen füllen. In diese Röhre sind in gleicher Entfernung von einander und von den Enden fünf Löcher gebohrt, in welchen kleine Messingstücke stecken, die mit den zugespitzten Enden nach innen bis zur Röhrenaxe vortreten und aussen in metallischer Verbindung mit Kupferdrähten stehen, die in Näpfchen mit Quecksilber eingetaucht sind.

Der Kohärer besteht also aus vier Teilkohärern. Ist nun die Leitungsfähigkeit, die er unter dem Einfluss der elektrischen Wellen erwirbt, den Teilchenreihen zuzuschreiben, die sich im Innern bilden, so kann der Kohärer vollständig und nicht nur in gewissen Zwischenräumen zum Leiter werden; aber dann müssen wenigstens zwei aufeinander folgende den grössten Leitungswiderstand behalten. Unsere Voraussetzungen werden durch die Versuche vollkommen bestätigt. Hieraus geht nun hervor, dass die Erscheinungen der totalen oder partiellen Leitungsfähigkeit eines diskontinuierlichen flüssigen Leiters unter der elektrischen Einwirkung auch mit Extraströmen und Hertzschen Wellen erreicht werden können; man kann sie mit denjenigen Erscheinungen vergleichen, welche die mit Feilspänen gefüllten Röhren zeigen: nämlich, dass der Zusammenschluss der Quecksilbertropfen die Funkenproduktion von Korn zu Korn oder von Tropfen zu Tropfen in den Feilspan- oder Quecksilberkohärern steigert; und schliesslich, dass ein Kohärer in besonderen Linien und nicht in der ganzen Masse zum Leiter wird.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 23. April 1900.)

## Theorie der allgemeinen mikroskopischen Abbildung.[1])

Von Karl Strehl, Erlangen.

Die Arbeit, deren Gedankengang im folgenden kurz dargestellt werden soll, betrachtet, von speciellen Objekten (Diatomeen) absehend, die allgemeinen Beziehungen, welche das Mikroskop zwischen Objekt und Bild herstellt.

Die geometrische Optik, welche ganz ausser Betracht bleibt, fasst Objekt und Bild als eine Summe von Punkten auf und führt jeden Objektpunkt in den entsprechenden Bildpunkt über, ohne Rücksicht auf die Begrenzung des Strahlenkegels durch das Mikroskop und auf die Nachbarpunkte, d. h. ohne Rücksicht auf Beugungserscheinungen.

Dieser zunächst schliesst sich die Methode von Helmholtz an; wenn man die nach geometrisch-optischen Gesetzen vergrösserte Zeichnung durch eine entsprechend enge Blende betrachtet (was man thun kann, nicht muss), dann erhält man das Beugungsbild so, wie es das Mikroskop liefert.

Einen Schritt weiter geht Lord Rayleigh; er führt jeden Objektpunkt entweder in der Objektivbildebene oder in der Okularbildebene in das entsprechende Beugungsbild (Scheibchen samt Ringen) über und betrachtet die Wirkung der Übereinanderlagerung (Überschiebung) der Beugungsbilder benachbarter Punkte.

Beide Methoden führen für unendlich dünne, mit interferenzfähigem oder inkohärentem Lichte leuchtende Objekte bezüglich des allgemeinen Bildproblems, insbesondere der Abbildung von Rahmen und Muster, der gemeinsamen Bewegung beider, des Trennungsvermögens und selbst des Tiefenbildes vielfach unmittelbar zum Resultat; die Wirkung der schiefen Beleuchtung ersetzt Lord Rayleigh durch eine entsprechende Phasenverknüpfung der benachbarten Stellen in Objekt und Bild.

Die für selbstleuchtende Objekte nicht anwendbare Abbesche Methode betrachtet die Erzeugung des in eine Beugungsfigur verzerrten Bildes der Lichtquelle als das primäre, die Entstehung des mikroskopischen Bildes als eine sekundäre Interferenzwirkung; die Strukturelemente des Objektes treten nicht mehr einzeln, sondern vereint in Aktion.

Diese Methode, richtig ausgebildet, ist für das dicke, schief beleuchtete Präparat und die Theorie der Aberrationen so gut wie ausschliesslich geeignet.

Meine eigenen Studien beginnen bei der Beugungswirkung einer begrenzten, beliebig gekrümmten, inhomogenen Wellenfläche; die analytischen Entwicklungen lassen sich gleicher-

1) Inauguraldissertation, Erlangen, 1900.

weise für das Fernrohr und für das Mikroskop gebrauchen und gestatten in letzterem Falle die beliebige Anwendung der Abbeschen oder Lord Rayleighschen Methode.

An Stelle des Huygensschen Prinzips tritt die Verwandlung einer Wellenfläche in die benachbarte; der Begriff Beugung wird möglichst allgemein gefasst; die allgemeine Struktur des Objektes im Sinne Fouriers in eine Reihe von Elementarstrukturen aufgelöst.

Der Zerlegung „Mikroskop = Lupe + Fernrohr" entsprechend erweist sich die lineare Apertur des letzteren sowohl für die Ähnlichkeit des Bildes wie auch für die nutzbare Vergrösserung als wesentlicher Faktor.

In Erweiterung der von Dr. Eichhorn begonnenen Untersuchungen wurde die Natur des Bildes als eines geschichteten Tiefenbildes festgestellt, insbesondere die Entstehung positiver und negativer Bildschichten von inverser Struktur und die sich daran knüpfenden Täuschungen erörtert.

Bezüglich des Trennungsvermögens haben Abbe, Lord Rayleigh, Helmholtz und der Verfasser ganz verschiedene Fälle behandelt, welche eingehende Betrachtung finden.

Die Helligkeit des Bildes ist nur dann dem Quadrat der Apertur proportional, wenn diese gleichmässig lichterfüllt ist; bei Objekten mit Struktur treten verwickeltere Verhältnisse auf.

Die Schichten des dicken Präparates und die konjugierten des Tiefenbildes stehen im allgemeinen zu einander in keiner nachweisbaren Beziehung; in einfachen Fällen lässt sich die Thatsache einer annähernden Trennung praktisch sowie theoretisch bewahrheiten.

Entsprechend erfährt der Begriff „Sehtiefe" eine wesentliche Umgestaltung und wird als Übereinanderlagerung von in verschiedenen Strukturschichten erlittenen Beugungswirkungen gefasst.

Die Betrachtung der schiefen Beleuchtung zeigt, dass ein dickes Präparat für Strahlen verschiedener Neigung ganz verschiedene Objekte darstellt, mithin die Beugungsfigur nicht allein eine Verschiebung gegen die hintere Aperturblende des Objektives, sondern auch eine völlige Umgestaltung erfährt.

Auf die Mitwirkung des Mikroskopes bei der Entstehung sogenannter Beugungsfarben sowie auf die Thatsache, dass die Farbenwahrnehmung mittels des Mikroskopes unter wesentlich anderen Umständen erfolgt als mit dem blossen Auge, wurde, zum Teil an der Hand von Beispielen, hingewiesen.

Anschliessend wurde besprochen, dass schwache Objektive bezüglich des Definitionsvermögens in gewissen Fällen scheinbar schärfere Bilder erzeugen als starke, ohne dass dies den wirklichen Verhältnissen entspricht.

Die Theorie der Aberrationen wurde gemäss den in meiner Fernrohrtheorie aufgestellten Gesichtspunkten entwickelt, insbesondere unter Zurückdrängung der Bildränder der Hauptwert auf die richtige Darstellung der positiven und negativen Bilder gelegt. Die Kontroverse Abbe-Thiessen bezüglich der Bildverzerrung erwies sich als durch ein Missverständnis bedingt.

Im engsten Anschluss an die Aberrationen wurden schliesslich noch die Prüfungsmethoden besprochen und empfohlen, die Objektive nicht ausschliesslich auf Diatomeen, vielmehr auch auf die Wiedergabe zarter histiologischer Details zu prüfen.

(Eingegangen 3. Mai 1900.)

## Einfluss der Temperatur auf das elektrische Leuchten eines verdünnten Gases.

Von J. Stark.

1. Nach den Messungen von E. Wiedemann[1]) und R. W. Wood[2]) ist die Temperatur eines durchströmten verdünnten Gases an den Stellen, wo es leuchtet, niedriger oder wenig höher als 100°. Früher hielt man das elektrische Leuchten für eine Folge einer sehr starken Erhitzung durch den elektrischen Strom, also für eine Glüherscheinung.

Man kann nun fragen, wie die elektrische Phosphorescenz eines Gases dadurch beeinflusst wird, dass man es dem elektrischen Strom in stark erhitztem Zustand darbietet. Wir werden indessen unten sehen, dass eine erschöpfende Antwort auf diese Frage zu einer weiteren zwingt, nämlich zu der Frage nach dem Einfluss der Erhitzung auf den elektrischen Ausgleich im Gase.

H. Faye[3]) und K. Wesendonck[4]) haben beobachtet, dass ein durchströmtes Gas in der Nähe eines weissglühenden Bleches dunkel bleibt. Das Induktorium, das hierbei verwendet wurde, ist indessen für diesen Zweck nicht einwandsfrei. W. Hittorf[5]) bediente sich einer Hochspannungsbatterie und fand, dass eine weissglühende Platinspirale einen dunklen Raum in das positive Licht schneidet. Während Hittorf die Erklärung seiner Beobachtung darin sah, dass ein Gas bei hoher Temperatur seine Phos-

1) E. Wiedemann, Wied. Ann. 6, S. 298, 1879; 10, S. 202, 1880.
2) R. W. Wood, Wied. Ann. 59, S. 238, 1896.
3) H. Faye, Compt. rend. 1, S. 894, 960, 1860.
4) K. Wesendonck, Wied. Ann. 26, S. 81, 1885.
5) W. Hittorf, Wied. Ann. 21, S. 120, 1884; 19, S. 74, 1883.

phorescenzfähigkeit verlöre, glaubt Lehmann,[1]) dass der dunkle Raum um einen weissglühenden Körper der dunkle Raum einer von diesem als Kathode weggehenden elektrischen Entladung sei. Man könnte auch zu der Meinung geneigt sein, dass in der Nähe des weissglühenden Körpers von diesem ausgesandte Dämpfe an Stelle des Gases die Stromleitung übernehmen und dabei dunkel bleiben.

2. Um über diese Meinungen zu entscheiden, habe ich entsprechende Versuche[2]) angestellt. Als Heizkörper dienten Kohlenfäden, welche in die Entladebahn tauchten. Der Strom durch das verdünnte Gas wurde einer Hochspannungsbatterie entnommen. Damit durch die Erhitzung nicht eventuell der Charakter des Stromes bedeutend verändert wurde, kamen nur Ströme zur Verwendung, die für das Telephon stetig waren. Es zeigte sich auch bei meinen Versuchen, dass das positive und negative Glimmlicht in der Nähe eines weissglühenden Heizkörpers erlischt.

Der dunkle Raum um den Heizkörper konnte bei meinen Versuchen nicht von einer von diesem ausgehenden Entladung herrühren. Denn die verwendeten Ströme waren für das Telephon stetig, und die Batterie, welche die Kohlenfäden erhitzte, war sorgfältig isoliert.

Der dunkle Raum kann auch nicht auf eine Stromleitung durch Dämpfe zurückzuführen sein. Denn durch eine mit zwei Elektroden versehene Glühlampe, aus der Gase so gut wie möglich entfernt wurden, konnte keine Entladung übergehen, selbst wenn der Kohlenfaden intensiver als bei den vorigen Versuchen erhitzt wurde. Eine Entwicklung von Kohlendampf, welcher unabhängig vom Gas die Stromleitung übernommen hätte, war also nicht vorhanden.

Wir dürfen also als thatsächlich erwiesen den Satz aussprechen, dass elektrische Entladungen ein verdünntes Gas in der Nähe eines weissglühenden Körpers nicht zum Leuchten bringen, oder dass ~~ein~~ Gas durch starke Erhitzung die Fähigkeit verliert, durch elektrische Entladungen zur Phosphorescenz angeregt zu werden. Die Erscheinung,[3]) dass eine Entladung, die auf ihrer ganzen Bahn stark erhitztes Gas durchfliesst, dunkel ist, ergiebt sich aus dem vorstehenden als specielle Folgerung.

3. Aus der Erscheinung, dass stark erhitzte Gase elektrisch nicht zum Leuchten angeregt werden, dürfen wir mit Hittorf nicht schliessen, dass die Gase überhaupt die Fähigkeit zu leuchten verloren haben; wir dürfen bei der Formulierung des obigen Resultates, wie ich es mit gutem Bewusstsein gethan habe, die elektrische Anregung nicht vergessen, sondern müssen diese als das Primäre im Auge behalten. Wir werden uns dann die im Eingang an zweiter Stelle aufgeworfene Frage vorlegen und zu der Vermutung kommen, dass das Erlöschen der elektrischen Phosphorescenz der Gase bei Erhitzung bedingt sei durch eine Änderung der Art des elektrischen Ausgleichs an der erhitzten Stelle. Diese Vermutung wird durch eine Betrachtung der von W. P. Graham[1]) ermittelten Kurven des Spannungsabfalls in einem Gasstrom nahe gelegt. Aus diesen ist nämlich zu ersehen, dass da, wo das Spannungsgefälle ein relatives Maximum hat, das durchströmte Gas in der Regel phosphoresciert und dass es da, wo ein Minimum des Gefälles liegt, dunkel ist. Hieraus geht hervor, dass das elektrische Leuchten der Gase mit dem elektrischen Ausgleich auf das innigste zusammenhängt, dass insbesondere die Verteilung des Phosphorescenzlichtes derjenigen des Spannungsgefälles parallel ist.

Um die oben ausgesprochene und auf diese Erkenntnis gegründete Vermutung zu prüfen, habe ich mit geeigneten Mitteln untersucht, wie der Spannungsabfall in einer elektrisch leuchtenden Gaspartie durch Erhitzung mittelst eines ~~in~~ die Entladebahn tauchenden Heizkörpers verändert wird. Es zeigte sich, dass die Spannungsdifferenz zwischen zwei das Heizgebiet einschliessenden Querschnitten in den leuchtenden Räumen erniedrigt wird und zwar um so mehr, je höher die Temperatur des Heizkörpers ist. Durch die Erhitzung wird demnach in einem zuvor leuchtenden Raum ein relatives Minimum in die Kurve des Spannungsgefälles gedrückt.

Dieses Resultat bestätigt also unsere Vermutung, dass das Erlöschen des elektrischen Leuchtens mit einer Veränderung des elektrischen Ausgleichs an dem gleichen Ort verbunden sei. Es ist mit diesem Ergebnis die Erscheinung, dass ein durchströmtes Gas da, wo ihm eine hohe Temperatur erteilt wird, dunkel ist, in den Geltbereich des Satzes gerückt, dass ein Gas an Stellen, wo das Spannungsgefälle ein relatives Minimum hat, nicht elektrisch phosphoresciert.

4. Das Interesse an dem Einfluss der Erhitzung auf das elektrische Leuchten ist mit dem Vorstehenden noch nicht erschöpft. Die erhaltenen Resultate können noch zu folgenden Gedanken anregen.

Einerseits nimmt durch Erhitzung bis zu ungefähr 1500° ein verdünntes Gas die Eigen-

1) O. Lehmann, Die elektrischen Lichterscheinungen S. 376, Halle 1898.

2) J. Stark, Ann. d. Phys. 1, S. 424, 1900.

3) J. Stark, Wied. Ann. 68, S. 942, 1899. G. C. Schmidt, Physik. Zeitschr. 1, S. 252, 1900.

1) W. P. Graham, Wied. Ann. 64, S. 49, 1897.

schaften eines Leiters an;[1]) der elektrische Ausgleich erfolgt dann in ihm wahrscheinlich wie in Elektrolyten und Metallen durch Bewegung von Ionen. Andererseits ist ein durchströmtes verdünntes Gas da, wo es diese Temperatur hat, dunkel. Da wo also in einem Gas der elektrische Ausgleich auf Grund von gewöhnlicher Leitung oder Ionenbewegung erfolgt, hat keine elektrische Phosphorescenz statt; oder Ionenbewegung im Sinne der gewöhnlichen Leitung regt ein Gas nicht zur Phosphorescenz an.

1) J. Stark, Wied. Ann. 68, S. 942, 1899.

Eine Umkehrung oder Verallgemeinerung dieses Satzes, deren Berechtigung allerdings fraglich ist, führt zu folgender Vorstellung.[1]) In den dunklen Räumen eines Gasstromes besteht der elektrische Ausgleich lediglich in einer Bewegung von Ionen, die entweder infolge dauernder Dissociation vorhanden sind oder von Ionisationspartien herkommen; in den leuchtenden Räumen ist dies nicht ausschliesslich der Fall, dort mögen durch die elektrischen Kräfte Gasteilchen zu Ionen zerrissen werden.

1) Vergl. J. Stark, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1900, S. 83.

Göttingen, Phys. Inst. d. Univ. April 1900.

(Eingegangen 7. Mai 1900.)

# BESPRECHUNGEN.

**Fr. Harrwitz, Adressbuch für die deutsche Mechanik und Optik und verwandte Berufszweige.** Bd. I, Berlin 1898, F. & M. Harrwitz. 2. Auflage.

Durch den mächtigen Aufschwung, welchen die deutsche Feinmechanik im Laufe der letzten Decennien erfahren hat, wurde es ein Bedürfnis, eine Zusammenstellung sowohl der in dieses Fach einschlagenden Betriebe als auch der Abnehmer zu besitzen. Schon der leider so früh verstorbene Direktor in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt, Dr. Löwenherz, hatte die Anregung zu einem solchen Werke gegeben. Durch mehrfache Umstände verzögerte sich jedoch die Herausgabe des Buches und erst im Jahre 1894 konnte die Firma Harrwitz in Berlin das jetzt in neuer, verbesserter und auf zwei Bände erweiterter Auflage vorliegende Adressbuch erscheinen lassen. Der erste Band trägt zunächst dem ersten oben erwähnten Punkte Rechnung und enthält die Firmen der deutschen Mechaniker in alphabetischer Ordnung und sodann dieselben nach Städten und weiterhin mit Rücksicht auf die speciellen Fabrikationszweige geordnet. Es sind in diesem Buche alle Firmen, soweit möglich auf Grund eigener authentischer Angaben aufgeführt, welche sich mit der Fabrikation mechanischer, optischer und glastechnischer Instrumente befassen oder deren handelsmässigen Vertrieb ausüben. Es ist dadurch auch dem Gelehrten ein Fingerzeig gegeben, woher er dieses oder jenes Instrument am zweckmässigsten beziehen kann. Ein zweiter Band wird dann Nachweise der ganzen Geschäfte und Institute geben, welche den Produzenten als Abnehmer namhaft gemacht werden können. Nach Eingang dieses zweiten Bandes werden wir auf das Werk zurückkommen; aber auch jetzt schon kann es als ein wichtiges und wertvolles Bindeglied sowohl der Feinmechaniker untereinander, als in deren Geschäftsverbindung mit den technischen und wissenschaftlichen Instituten angesehen werden. L. A.

(Eingegangen 30. April 1900.)

## Tagesereignisse.

Der Regent von Braunschweig gab anlässlich seines Geburtstages der technischen Hochschule Braunschweig das Recht der Verleihung des „Dr. Ing.".

## Personalien.

Der Chemiker Grimaux, Mitglied des „Institut de France" ist in Paris gestorben.

Der Chemiker Professor Dr. A. Claus, der kürzlich wegen Krankheit von seinem Lehramt an der Universität Freiburg i. Br. zurücktrat, ist im Alter von 60 Jahren gestorben.

Dem ausserordentlichen Professor an der Universität Heidelberg Dr. Karl Friedrich Auwers ist die etatmässige ausserordentliche Professur für organische Chemie an genannter Universität übertragen worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.